

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Козлова Сергея Александровича «Временная обработка сигналов, отраженных от
малоразмерных и малоскоростных объектов в присутствии помех»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.3.4 - Радиофизика

Актуальность работы.

В последнее десятилетие и особенно в последние годы широкое распространение получил новый класс летательных аппаратов (БПЛА) и активное использование их в коммерческих, некоммерческих и особенно в военных целях. Этому классу присущи уникальные характеристики - низкая эффективная площадь рассеяния, малые скорости (вплоть до нуля у квадрокоптеров) и новые маневренные возможности. Эти особенности БПЛА существенно затрудняют их обнаружение существующими радарными, особенно в сложной помеховой обстановке. Также активизировалось применение БПЛА-ложная цель, например, типа MALD, оснащённых системами имитации радиолокационных сигнатур во всех частотных диапазонах.

Все эти обстоятельства ставят в настоящее время крайне актуальную задачу разработки методов обнаружения и распознавания указанных воздушных объектов с учетом особенностей конструкции и летных характеристик, в том числе в условиях воздействия различного класса пассивных и особенно активных имитирующих помех.

Исследования, проведенные в диссертационной работе Козлова С.А. представляет значительный интерес в задачах обнаружения полезного сигнала на фоне помех различного происхождения (пассивных помех, имитирующих сигналоподобных помех), обнаружении слабого сигнала с флуктуациями частоты на фоне сильного детерминированного сигнала при малых отношениях сигнал-шум в современных радиотехнических системах (радио- и гидролокация, радионавигация, радиосвязь и т.д.). Это даёт основание утверждать, что научная проблема, сформулированная в диссертации, а именно “временная обработка сигналов, отраженных от малоразмерных и малоскоростных объектов в присутствии помех” является актуальной.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения с актом о внедрении.

В первой главе показана возможность синтеза фильтров селекции движущихся целей (СДЦ) с различной шириной зоны режекции частотной характеристики, обеспечивающих обнаружение малоскоростных целей на фоне пассивных помех в заданном диапазоне радиальных скоростей.

Проведена оценка эффективности способа межпериодной обработки сигнала, основанного на проекционном методе доплеровской фильтрации по отношению к оптимальному алгоритму согласованной фильтрации для разных длин выборки сигнала. Получены решающие статистики и исследованы характеристики обнаружения и распознавания слабого сигнала с флуктуациями частоты на фоне сильного детерминированного сигнала с частотными интервалами, меньшими релеевского интервала разрешения (с разрешающей способностью выше релеевского предела линейных методов). Результаты исследований апробированы на натурных данных.

Во второй главе приведены результаты исследований возможности использования методов сверхразрешения для выявления признаков пропеллерной модуляции при обнаружении воздушных объектов с винтовым двигателем при малых ракурсных углах наблюдения. Синтезировано и запатентовано устройство распознавания винтовых летательных аппаратов. При этом соискатель продолжил исследования и рассмотрел случай отражений от летательных аппаратов с винтами с низкой отражательной способностью (например, выполненных из композитов). Для таких случаев, когда невозможно методами сверхразрешения однозначно определить число сигнальных составляющих, предложен метод анализа собственных чисел выборочной корреляционной матрицы. Проведено исследование и экспериментальное подтверждение возможности применения метода анализа собственных чисел выборочной корреляционной матрицы принимаемого сигнала для обнаружения сигналов с вторичной модуляцией.

В третьей главе исследован метод защиты от интеллектуальных имитирующих активных помех, основанный на оценке когерентных свойств радиолокационных сигналов. В качестве селектирующего признака применена мера когерентности сигналов на основе вычисления энтропии распределения энергии сигнала по собственным подпространствам его выборочной корреляционной матрицы. Результаты подтверждены летно-экспериментальными исследованиями с использованием различных классов летательных аппаратов и постановщика имитирующих помех.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации определяется согласованностью научных положений, выводов и рекомендаций с фундаментальными положениями статистической радиотехники и радиофизики, теоретической радиолокации, статистической теории приёма и обработки сигналов, согласованностью аналитических результатов с результатами математического моделирования и с летно-экспериментальными исследованиями.

Научная новизна результатов диссертации состоит в следующем:

1) в обосновании и экспериментальном подтверждении использования проекционного метода квазиоптимальной межпериодной обработки при обнаружении сигналов, отраженных от малоскоростных малоразмерных летательных аппаратов на фоне сигналов, отраженных от пассивных помех;

2) в разработке метода распознавания сигналов на основе анализа собственных чисел выборочной корреляционной матрицы, обеспечивающий, в отличие от существующих методов сверхразрешения, распознавание сигналов с частотными флуктуациями сигналов со вторичной модуляцией, обусловленных вращением винтов;

3) в теоретическом обосновании, экспериментальном подтверждении и патентовании метода селекции имитирующих помех и сигналов, в том числе отраженных от летательных аппаратов с винтовым двигателем на основе оценки энтропии распределения энергии сигнала по собственным числам выборочной корреляционной матрицы.

Достоинством диссертационной работы является практическая направленность полученных результатов для задач повышения эффективности многофункциональных радиолокационных систем при обнаружении малоразмерных малоскоростных объектов в присутствии помех. Для всех изучаемых вопросов в диссертации приведены практические рекомендации по использованию корреляционных свойств полезных сигналов и помех, что очень актуально в настоящее время.

Основные результаты диссертации опубликованы в 37 работах, из них 10 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК (из них: 4 работы по специальности 1.3.4 – Радиофизика, из них 4 работы в ведущих изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus); 27 работ – в журналах, включённых в РИНЦ, докладах на научных конференциях, в том числе международного уровня. Исключительно важным является то обстоятельство, что результаты исследований, выполненных в диссертации, защищены тремя патентами и имеют акт внедрения.

Общие замечания по диссертационной работе.

1. Не дано подробное объяснение, почему от цели типа турбореактивный самолет не наблюдались отражения от вращающихся элементов, например, от лопаток компрессора турбины;

2. Считаю, что термин скоростная характеристика, показывающая зависимость коэффициента передачи сигнала от радиальной скорости движения цели, справедливо использовать только в 1 главе диссертации, где проводится анализ фильтров СДЦ. Применение данного термина для амплитудно-частотных спектров сигналов некорректно.

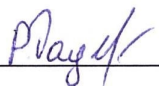
Общая оценка диссертационной работы.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации, которая представляет собой законченную научно-квалификационную работу, и носит теоретико-экспериментальный характер

с рекомендациями практического применения. Выполненная на высоком научном уровне с применением статистической теории обработки сигналов диссертационная работа обладает новизной и актуальностью. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Общий вывод. Диссертационная работа «Временная обработка сигналов, отраженных от малоразмерных и малоскоростных объектов в присутствии помех», удовлетворяет всем требованиям пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Козлов Сергей Александрович заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 - Радиопизика.

Официальный оппонент, кандидат технических наук (специальность 05.12.14 - Радиолокация и радионавигация), доцент, доцент кафедры «Информационные радиосистемы» института радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

 Фадеев Роман Сергеевич

«30» января 2026 г.

Адрес: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Телефон: +7 (831) 436-93-47

E-mail: fr_201190@mail.ru

Подпись Фадеева Р.С. заверяю
Проректор по научной работе НГТУ





А.А. Куркин